

### Ständer für eine elektrische Maschine

#### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Ständer für eine elektrische Maschine, insbesondere für einen Drehstromgenerator für Kraftfahrzeuge mit einem ringförmigen Ständerblechpaket, das eine Vielzahl von parallel zueinander angeordneten Nuten aufweist in die Strangwicklungen eingelegt sind.

Derartige Drehstromgeneratoren sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt. Sie werden insbesondere in Kraftfahrzeugen als Lichtmaschinen eingesetzt. Als vorteilhaft im Hinblick auf ihre Baugröße, Herstellkosten und Robustheit haben sich sogenannte Klauenpolgeneratoren durchgesetzt.

Ein Klauenpolgenerator umfasst üblicherweise einen die Erregerwicklung aufnehmenden Läufer und einen diesen umgebenden, ringförmigen Ständer, der die Drehstromwicklungen aufnimmt. Dafür sind in dem als Blechpaket ausgebildeten Ständer eine Vielzahl von Nuten vorgesehen, die achsenparallel zueinander verlaufen und gleichmäßig beabstandet zueinander sind. Die Wicklungen für die drei Phasen sind nun in einem bestimmten Wickelschema in die Nuten eingelegt, wobei nur Wicklungen gleicher Phase in einer Nut liegen.

Beim Einsatz in Kraftfahrzeugen spielt das Problem der Geräuschentwicklung bei der Entwicklung von Drehstromgeneratoren eine bedeutende Rolle. Insbesondere die sich ändernden, magnetischen Felder im Luftspalt tragen dazu bei, wobei das Luftspaltfeld durch das Superponieren des Hauptfelds des Läufers und des Feldes der Ankerrückwirkung des Ständers entsteht.

- 2 -

Diesen magnetischen Geräuschen wird mit unterschiedlichen Maßnahmen entgegengetreten, beispielsweise durch Luftspaltvergrößerung oder engere Fertigungstoleranzen. Eine wirkungsvolle Maßnahme zur Reduzierung der Geräusche ist die sogenannte Klauenabhebung, einer Abschrägung der ablaufenden Polkanten des Läufers.

Diese Änderung der Klauenpolform mindert die Auswirkungen der Ankerrückwirkung der Ständerströme, die bei elektrischer Belastung des Generators eine starke Feldverzerrung im Luftspalt hervorruft und dadurch das Geräusch verursacht.

Auch andere Änderungen der Klauenpolform werden zur Verminderung der Geräuschentwicklung durchgeführt.

All diese Maßnahmen führen jedoch dazu, dass für Generatoren mit unterschiedlichen Strom-Drehzahlkennlinien beziehungsweise für gleiche Generatortypen in unterschiedlichen Applikationen unterschiedliche Klauenpolräder hergestellt und vorgehalten werden müssen. Hohe Fertigungs- und Lagerkosten sind also die Folge.

#### Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Ständer mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass durch einen Eingriff in die Ständerwicklung eine Geräuschsenkung erreicht wird. Darüber hinaus ist zur Erzielung dieser Geräuschsenkung keine Änderung der Klauenpole oder keine Veränderung ihrer Form notwendig, was zu finanziellen Einsparungen bei der Fertigung und Lagerhaltung führt.

Dadurch, dass zumindest ein Leiter aller Leiter einer Phasenwicklung um zumindest eine Nut gegenüber der herkömmlichen Wicklungsweise versetzt ist, kann der Verlauf des Luftspaltfeldes so beeinflusst werden, dass eine Geräuschsenkung erzielt wird.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Drehstromgenerators möglich.

## Zeichnungen

Im folgenden wird die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1        ein Wicklungsschema einer versetzten Wellenwicklung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Figur 2        ein Wicklungsschema einer versetzten Wellenwicklung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Figur 3        Geräuschpegel-Diagramme für drei unterschiedliche Wicklungsschemata.

## Beschreibung

Figur 1 zeigt eine Draufsicht auf ein im wesentlichen flaches Ständereisen 10, das aus einzelnen nebeneinander angeordneten streifenförmigen Lamellen 13 paketiert ist. In das flache Ständereisen 10, beispielsweise mit sechsenddreißig oder achtundvierzig Nuten 16, sind bei einer dreisträngigen Maschine insgesamt drei Stränge 19 einer Ständerwicklung 21 eingelegt, wobei in diesem Fall nur ein Strang 19.1 mit dem Strangende U eingezeichnet ist. Die Anfänge V und W der anderen beiden Stränge sind angedeutet.

Der Strang 19.1 besteht aus einem Vielfachen einer Gruppe 22 mehrerer Spulen, einer ersten Spule 24 und einer zweiten Spule 27. Die erste Spule 24 hat erste Spulenseiten 28 und zweite Spulenseiten 29, die in Nuten 16 eingesetzt sind, die um elektrische  $180^\circ$  beabstandet sind. Die erste Spule 24 hat eine bestimmte Windungszahl  $z_w$ , im Beispiel ist  $z_w = 5$ . Die zweite Spule 27 hat ebenfalls erste Spulenseiten 30 und zweite Spulenseiten 31, die wiederum in Nuten 16 eingesetzt sind, die um elektrische  $180^\circ$  beabstandet sind. Die zweite Spule 27 hat eine bestimmte Windungszahl  $z_w$ , im Beispiel ist  $z_w = 1$ . Es ist hier somit ein Wicklungsverhältnis von 5:1 verwirklicht. Die zweite Spule 27 ist von der ersten Spule 24 in eine erste Richtung R1 um elektrisch  $180^\circ/m$  versetzt. Bei einem dreisträngigen Drehstromgenerator ist  $m = 3$ , so dass der Versatz zwischen der ersten Spule 24 und der zweiten Spule 27 elektrische  $60^\circ$  beträgt. Entsprechend der für eine elektrische Maschine vorgegebenen Polpaarzahl ist eine entsprechende Zahl von Gruppen 22 um elektrische  $360^\circ$  versetzt im Ständer nacheinander angeordnet. Hat die elektrische

Maschine sechs oder acht Polpaare, sind entsprechend sechs oder acht Gruppen 22 im Ständer angeordnet. Es ergibt sich somit als das zuvor erwähnte Vielfache die Zahl sechs oder acht.

Dementsprechend ist die erste Gruppe 22 des Strangs 19.1 wie folgt in den Nuten 16 angeordnet: Die ersten Spulenseiten 28 befinden sich in der ersten Nut 16.1, die zweiten Spulenseiten 29 befinden sich in der vierten Nut 16.4. Die ersten Spulenseiten 30 befinden sich in der zweiten Nut 16.2, die zweiten Spulenseiten 31 befinden sich in der fünften Nut 16.5.

Ausgehend vom Stranganfang U wird die erste Gruppe 22 wie folgt gewickelt: Die erste Spule 24 wird mit der Windungszahl  $z_w = 5$  in die Nuten 16.1 und 16.4 gesetzt. Nach der letzten zweiten Spulenseite 29 geht von dieser ein Spulenseitenverbinder 35 aus, der bis zur ersten Spulenseite 30 in Nut 16.2 der zweiten Spule 27 reicht. Im Beispiel folgt auf diese Spulenseite 30 ein weiterer Spulenseitenverbinder 35, der bis zur zweiten Spulenseite 31 der zweiten Spule 27 reicht. Die zweite Spulenseite 31 der zweiten Spule 27 ist in Nut 16.5 eingesetzt. Von dieser zweiten Spulenseite 31 geht ein Gruppenverbinder 40 aus, der bis zur Nut 16.7 reicht und dort dann in eine erste Spulenseite 28 der ersten Spule 24 der zweiten Gruppe 22 übergeht.

Ein zweiter Strang 19.2 ist mit seinen Spulenseiten, Spulenseitenverbindern und Gruppenverbinder in sich genauso angeordnet, jedoch mit dem Unterschied, dass alle entsprechenden Strangbereiche um elektrische  $360^\circ/m$  in Richtung R1 versetzt sind. Der zweite Strang 19.2 beginnt somit um elektrische  $120^\circ$  versetzt mit dem Stranganfang V in Nut 16.3, der dritte Strang 19.3 beginnt mit dem Stranganfang W in Nut 16.5 und so weiter.

Figur 2 zeigt wiederum eine Draufsicht auf ein im wesentlichen flaches Ständereisen 10. In das flache Ständereisen 10, beispielsweise mit sechsunddreißig oder achtundvierzig Nuten 16, sind insgesamt drei Stränge 19 einer Ständerwicklung 21 eingelegt, wobei in diesem Fall auch nur der Strang 19.1 mit dem Strangende U eingezeichnet ist.

Der Strang 19.1 besteht ebenfalls aus einer Gruppe 22 mehrerer Spulen, einer ersten Spule 24, einer zweiten Spule 27 und einer dritten Spule 50. Die erste Spule 24 hat erste

Spulenseiten 28 und zweite Spulenseiten 29, die in Nuten 16 eingesetzt sind, die um elektrische  $180^\circ$  beabstandet sind. Die erste Spule 24 hat eine bestimmte Windungszahl  $z_w$ , im Beispiel ist  $z_w = 4$ . Die zweite Spule 27 hat ebenfalls erste Spulenseiten 30 und zweite Spulenseiten 31, die wiederum in Nuten 16 eingesetzt sind, die um elektrische  $180^\circ$  beabstandet sind. Die zweite Spule 27 hat eine bestimmte Windungszahl  $z_w$ , im Beispiel ist  $z_w = 1$ . Die zweite Spule 27 ist von der ersten Spule 24 in eine erste Richtung R1 um elektrisch  $180^\circ/m$  versetzt. Die dritte Spule 50 hat ebenfalls erste Spulenseiten 51 und zweite Spulenseiten 52, die in Nuten 16 eingesetzt sind, die um elektrische  $180^\circ$  beabstandet sind. Die dritte Spule 50 hat eine bestimmte Windungszahl  $z_w$ , im Beispiel ist  $z_w = 1$ . Die dritte Spule 50 ist von der ersten Spule 24 in eine zweite Richtung R2 um elektrisch  $180^\circ/m$  versetzt. Die zweite Richtung R2 ist der ersten Richtung R1 entgegengesetzt. Es ist vorgesehen, dass die dritte Spule 50 weniger Windungen als die erste Spule 24 aufweist.

Bei einem dreisträngigen Drehstromgenerator ist  $m = 3$ , so dass der Versatz zwischen der ersten Spule 24 und der zweiten Spule 27 elektrische  $60^\circ$  beträgt. Der Versatz zwischen der ersten und der dritten Spule beträgt elektrische  $-60^\circ$ . Entsprechend der für eine elektrische Maschine vorgegebenen Polpaarzahl ist eine entsprechende Zahl von Gruppen 22 um elektrische  $360^\circ$  versetzt im Ständer nacheinander angeordnet. Hat die elektrische Maschine sechs oder acht Polpaare, sind entsprechend sechs oder acht Gruppen 22 im Ständer angeordnet.

Dementsprechend ist die erste Gruppe 22 des Strangs 19.1 wie folgt in den Nuten 16 angeordnet: Die ersten Spulenseiten 28 befinden sich in der zweiten Nut 16.2, die zweiten Spulenseiten 29 befinden sich in der fünften Nut 16.5. Die ersten Spulenseiten 30 befinden sich in der dritten Nut 16.3, die zweiten Spulenseiten 31 befinden sich in der sechsten Nut 16.6. Die ersten Spulenseiten 51 befinden sich in der ersten Nut 16.1, die zweiten Spulenseiten 52 befinden sich in der vierten Nut 16.4.

Ausgehend vom Stranganfang U wird die erste Gruppe 22 wie folgt gewickelt: Zunächst wird die dritte Spule 50 mit der Windungszahl  $z_w = 1$  in die Nuten 16.1 und 16.4 gesetzt. Nach der letzten zweiten Spulenseite 52 geht von dieser ein Spulenseitenverbinder 35 aus, der bis zur ersten Spulenseite 28 der ersten Spule 24 reicht und dadurch in die erste Spulenseite 28 übergeht. Die erste Spule 24 wird mit der Windungszahl  $z_w = 4$  in die

Nuten 16.2 und 16.5 gesetzt. Nach der letzten zweiten Spulenseite 29 geht von dieser ein Spulenseitenverbinder 35 aus, der bis zur ersten Spulenseite 30 in Nut 16.3 der zweiten Spule 27 reicht. Im Beispiel folgt auf diese Spulenseite 30 ein weiterer Spulenseitenverbinder 35, der bis zur zweiten Spulenseite 31 der zweiten Spule 27 reicht. Die zweite Spulenseite 31 der zweiten Spule 27 ist in Nut 16.6 eingesetzt. Von dieser zweiten Spulenseite 31 geht ein Gruppenverbinder 40 aus, der bis zur Nut 16.7 reicht und dort dann in eine erste Spulenseite 28 der dritten Spule 50 der zweiten Gruppe 22 übergeht.

Ein zweiter Strang 19.2 ist mit seinen Spulenseiten, Spulenseitenverbindern und Gruppenverbindern in sich genauso angeordnet, jedoch mit dem Unterschied, dass alle entsprechenden Strangbereiche um elektrische  $360^\circ/m$  in Richtung R1 versetzt sind. Der zweite Strang 19.2 beginnt mit dem Stranganfang V in Nut 16.3, der dritte Strang 19.3 beginnt mit dem Stranganfang W in Nut 16.5 und so weiter.

Allgemein ist vorgesehen, dass die Stränge 19 sowohl mit einem Einzeldraht als auch mit einem Mehrfachdraht gewickelt sein können. Mehrfachdraht bedeutet, dass beim Wickeln gleichzeitig zwei oder mehr parallele Drähte gewickelt werden.

Hinsichtlich der Windungszahlen haben sich für 14V-Generatoren folgende günstigen Verhältnisse ergeben:

$Z_w$  der ersten Spule/  $Z_w$  der zweiten Spule: 4:1; 5:1; 6:1; 7:1; 8:1; 2:4; 4:2; 2:5; 5:2; 2:6; 6:2; 3:6; 6:3; 2:7; 7:2; 2:8; 8:2; 6:4; 4:6

$Z_w$  der ersten Spule/  $Z_w$  der zweiten Spule/  $Z_w$  der dritten Spule: 1:4:1; 1:5:1; 1:6:1

Es ist vorgesehen, dass der Ständer ein sogenannter Flachpaket-Ständer ist. Dies bedeutet, dass der Ständer nach einem bestimmten Herstellungsverfahren hergestellt ist. Dazu wird in ein im wesentlichen flaches Ständereisen 10, das aus einzelnen nebeneinander angeordneten streifenförmigen Lamellen 13 paketierte ist, in die Nuten 16 eine Wicklung eingelegt und anschließend das Ständereisen 10 mit der Wicklung rundgebogen, so dass dieser einem hinsichtlich seiner elektrischen Eigenschaften üblichen ringförmigen Ständer entspricht. Es ist vorgesehen, dass die Spulenseiten der Wicklung bzw. der Stränge 19 vor dem Einlegen in einem Werkzeug so umgeformt werden, dass die für eine

- 7 -

Nut 16 vorgesehenen Spulenseiten an eine Nutkontur nach dem Rundbiegen angepasst sind. Der Ständer soll der Ständer einer dreisträngigen Maschine, insbesondere eines Drehstromgenerators sein.

Durch entsprechende Wahl des Versetzungsverhältnisses der Leiter lässt sich das magnetische Feld im Luftspalt durch die Änderung des Ankerfeldes so gestalten, dass eine Senkung der magnetischen Geräusche bewirkt wird.

Messungen haben ergeben, dass der Generatorstrom eines Generators mit versetzter Wicklung ab einer bestimmten Drehzahl größer ist als derjenige eines Generators herkömmlicher Bauart. Lediglich bei niedrigen Drehzahlen ist der vom herkömmlichen Generator gelieferte Strom größer. Ein Ausgleich lässt sich jedoch sehr einfach durch Erhöhen der Gesamtleiterzahl oder Verlängerung des Ständereisens erreichen, sofern der gelieferte Strom bei teilversetzter Wicklung bei niedrigen Generator-Drehzahlen nicht den Mindestanforderungen entspricht.

Aus den in Figur 3 gezeigten Messdiagrammen zur Geräuschentwicklung ist erkennbar, dass sich der Luftschallpegel  $L$  (dB(A)) insbesondere im unteren Drehzahlbereich von 2000 Umdrehungen pro Minute (Generatordrehzahl) bei Wicklungsverhältnissen von 5:1 (b.) und 4:2 (c.) stark verringert gegenüber der nicht versetzten Wicklungsanordnung gemäß Figur 1a). Da eine Generatordrehzahl von 2000 Umdrehungen pro Minute bei einem üblichen Übersetzungsverhältnis von ca. 3 : 1 einer Motordrehzahl von 600 bis 700 Umdrehungen pro Minute entspricht, ist die erzielte Geräuschsenkung für die Fahrzeuginsassen durchaus bemerkbar, da der Motor bei Leerlaufdrehzahlen noch relativ leise ist.

Ein weiterer Vorteil der versetzten Wicklung ist darin zu sehen, dass der Generatorwirkungsgrad verbessert wird. Dies ergibt sich aufgrund geringerer Eisenverluste verursacht durch geringere Oberwellenanteile des Luftspaltmagnetfeldes. Bei einer Dreiecksverschaltung der drei Phasenwicklungen verringern sich die durch die dritte Oberschwingung hervorgerufenen Kreisströme in den Ständerwicklungen und die damit verbundenen Verluste. Im Übrigen wird die Welligkeit der gelieferten Gleichspannung verringert.

**Ansprüche**

1. Ständer eines Drehstromgenerators, mit einer mehrsträngigen Ständerwicklung, wobei ein jeder der m Stränge (19)
  - aus einer Gruppe (22) besteht, die
    - eine erste Spule (24) mit Spulenseiten (28, 29) in um elektrisch  $180^\circ$  beabstandeten Nuten (16) aufweist und die erste Spule (24) eine bestimmte Windungszahl ( $z_w$ ) hat,
    - eine zweite Spule (27) mit Spulenseiten (29, 30) in um elektrisch  $180^\circ$  beabstandeten Nuten (16) aufweist und die zweite Spule (27) eine bestimmte Windungszahl ( $z_w$ ) hat,
    - wobei die zweite Spule (27) von der ersten Spule (24) in eine erste Richtung um elektrisch  $180^\circ/m$  versetzt ist,
  - wobei entsprechend der vorgegebenen Polpaarzahl eine entsprechende Zahl von Gruppen (22) um elektrisch  $360^\circ$  versetzt im Ständer nacheinander angeordnet sind.
2. Ständer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gruppe (22) zusätzlich eine dritte Spule (50) aufweist, die der ersten Spule (24) in einer zweiten Richtung, die der ersten entgegengesetzt ist, um elektrisch  $180^\circ/m$  vorgeordnet ist.
3. Ständer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Spule (50) weniger Windungen als die erste Spule (24) aufweist.
4. Ständer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stränge (19) aus einem Mehrfachdraht bestehen.



5. Ständer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser ein Flachpaket-Ständer ist.
6. Ständer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenseiten der Ständerwicklung umgeformt und an eine Nutkontur angepasst sind.
7. Ständer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser ein Ständer einer dreisträngigen Maschine, insbesondere eines Drehstromgenerators ist.

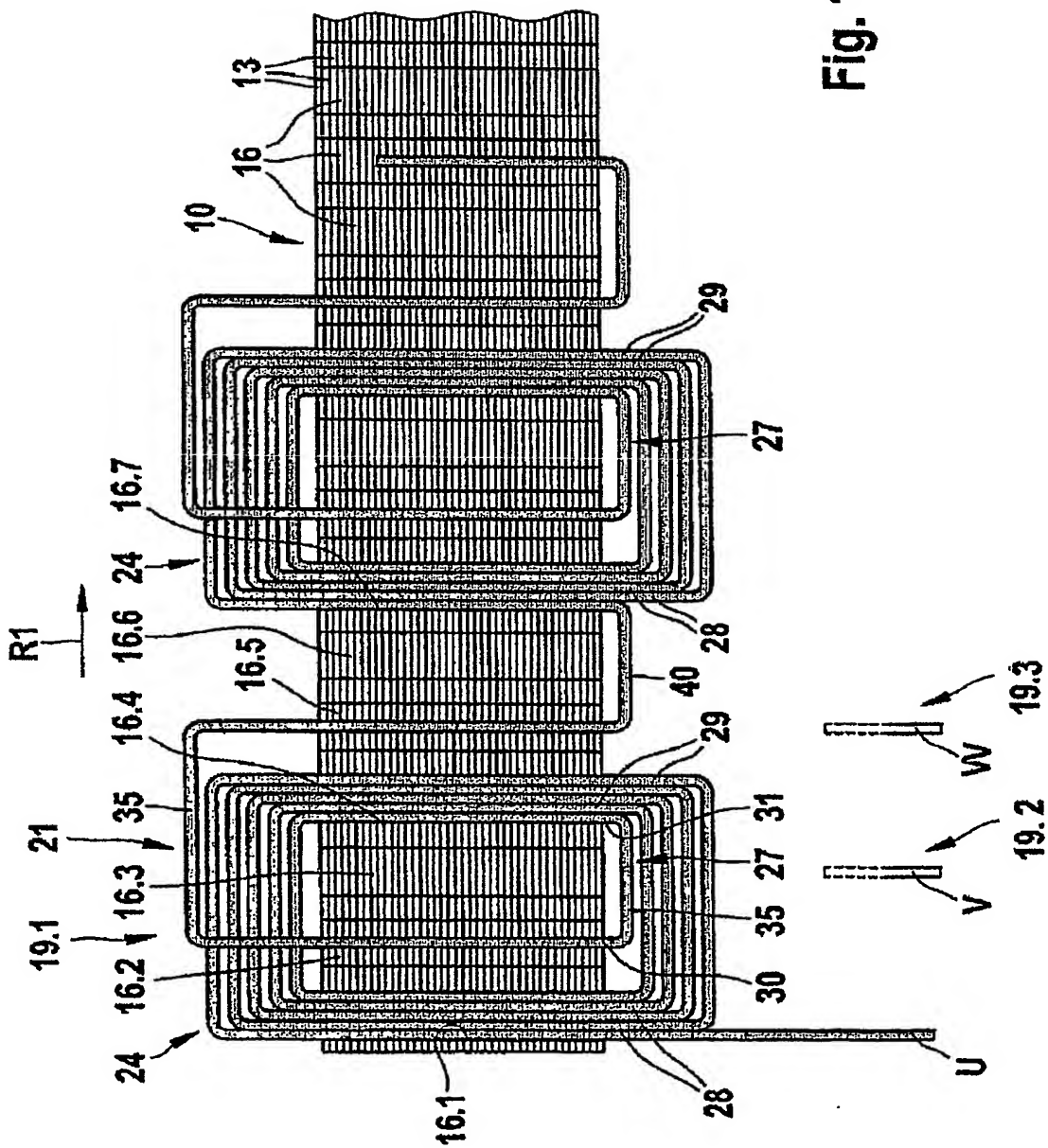


Fig. 1

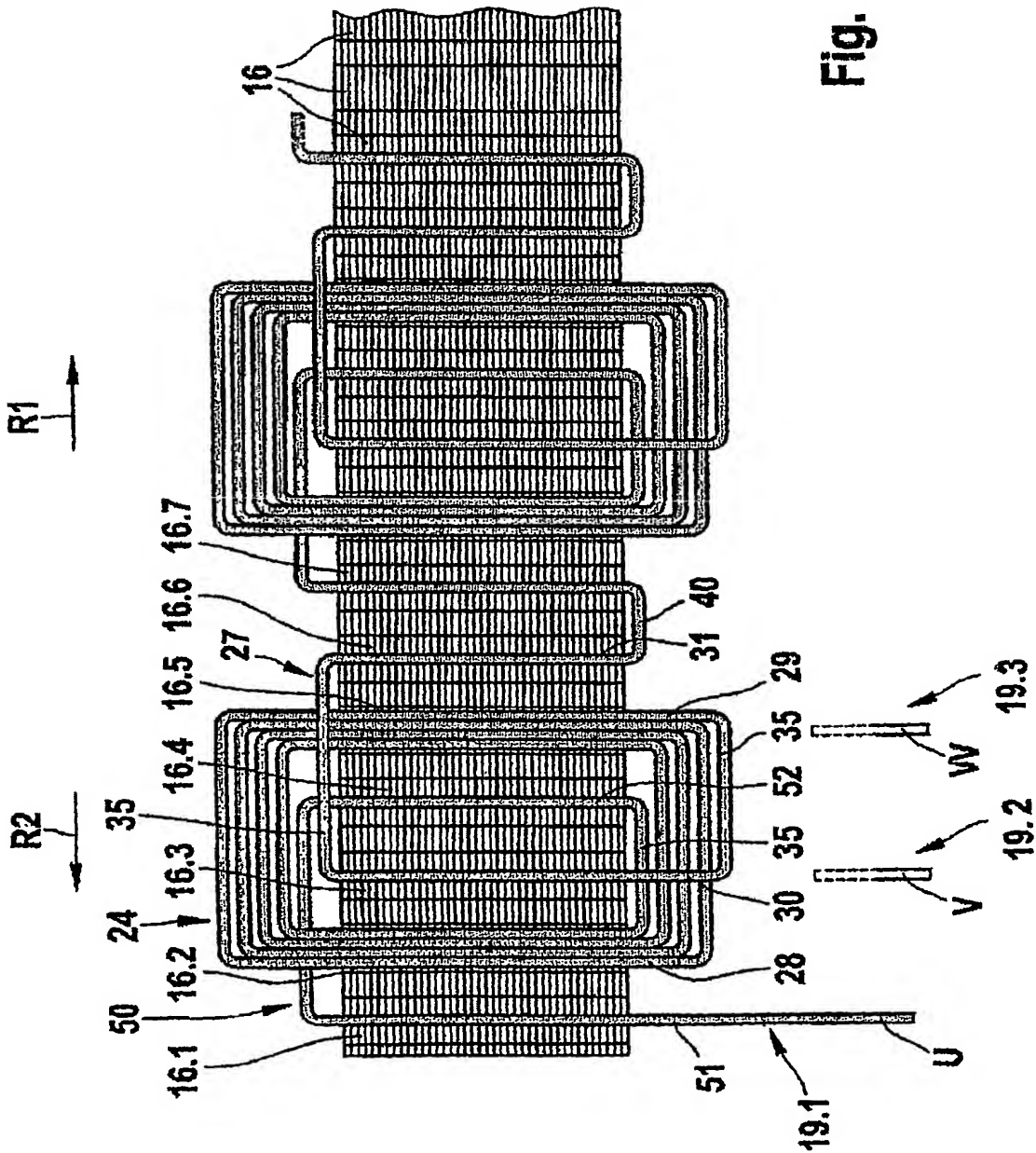


Fig. 2

3/4

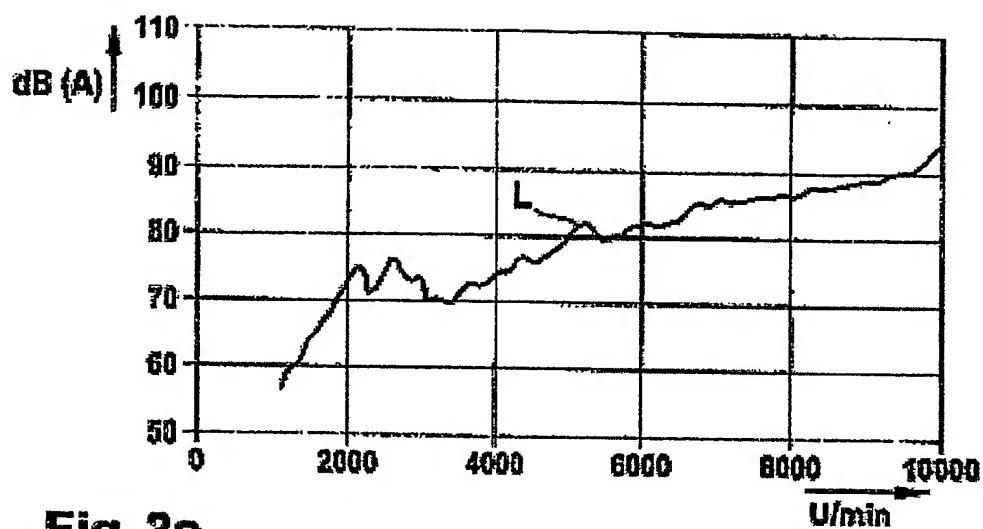


Fig. 3a

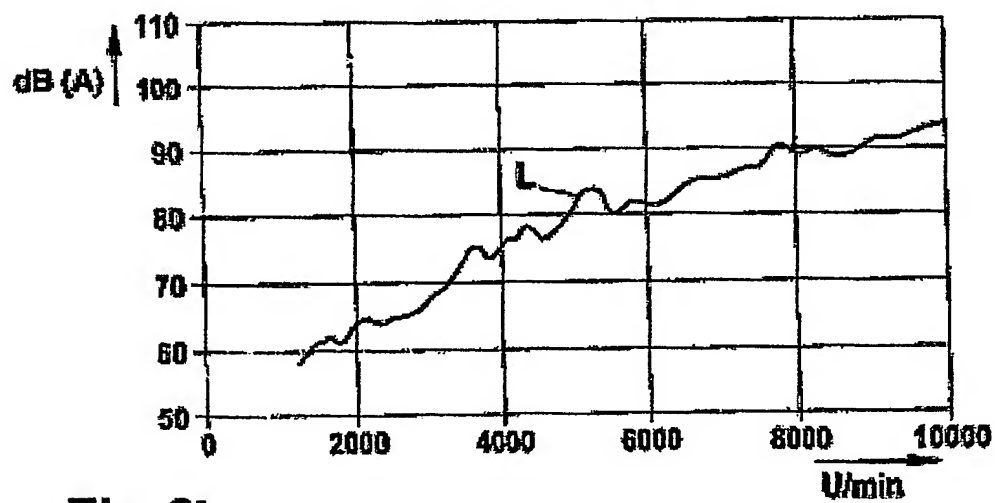


Fig. 3b

4/4

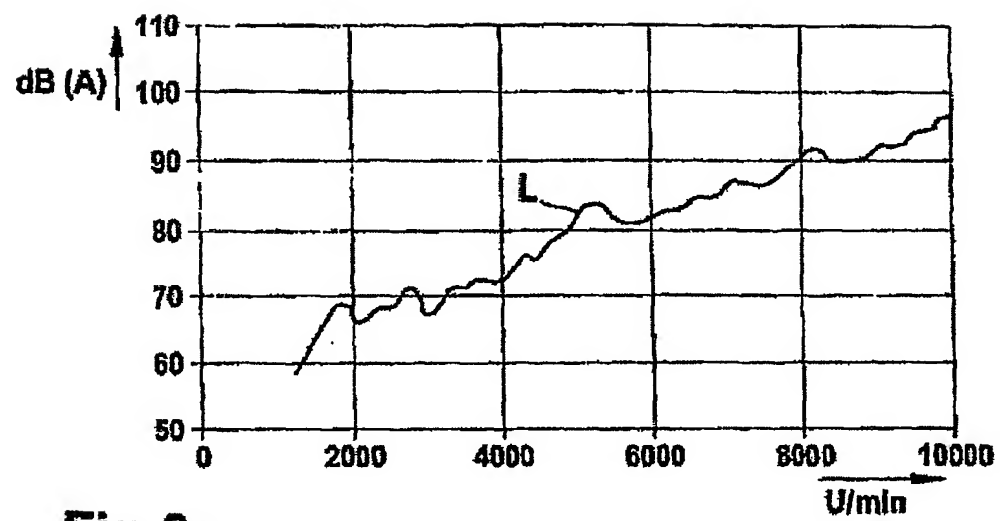


Fig. 3c